

二輪車シートの乗り心地評価手法の確立

Establishment of Evaluation Method for Riding Comfort of Motorcycle Seats

小谷野 光 江*

Mitsue KOYANO

小 原 健 史*

Takeshi OHARA

竹 内 務*

Tsutomu TAKEUCHI

横 井 元 治*

Motoharu YOKOI

要 旨

二輪車シートの乗り心地性能を向上させるために、走行時の入力条件を再現できる乗り心地評価試験機を製作し、動的ストローク感(路面衝撃入力時のシートクッションの動き)と乗り心地不快感評価について、評価手法を確立した。この装置を用いて、人体の感じ方と二輪車に必要なシートの振動特性を見出し、二輪車に必要な低周波での振動特性に優れた熱可塑性エラストマ製の立体網状クッションを開発した。確立した評価方法を用いて、従来のウレタンフォームクッションと立体網状クッションの性能を比較した結果、立体網状クッションは、動的ストローク感、乗り心地が向上していることを明確にすることができた。

ABSTRACT

To enhance the riding comfort of a motorcycle seat, a riding comfort evaluation tester that can reproduce the road vibration felt when the motorcycle is running was designed and fabricated. The riding sensation felt by the rider and the necessary seat vibration characteristics for a motorcycle were determined, and methods were established to enable evaluation of riding discomfort and the dynamic stroke feeling (the motion of the seat cushion, in response to impact from the road). In addition, a 3D mesh cushion made of thermoplastic elastomer, which has the reliable low-frequency vibration characteristics necessary for a motorcycle, was fabricated, and its riding comfort was compared to that of a conventional urethane foam cushion. As a result, it was clearly established that the 3D mesh cushion provides superior dynamic stroke feeling and riding comfort.

1. ま え が き

近年の二輪車開発においては、足着き性向上やシート下に配置する部品の増加により、シートクッション厚みの確保に限界があり、乗り心地性能低下が懸念されている。反面、乗り心地向上は大きな商品魅力であり、性能向上の要求が高まっている。シートクッション厚みに制約のある中で、性能向上を図るには、二輪車に必要なシートクッションの動きが出せる新たなクッション材の開発が必要とされており、同時に開発したクッション材の性能差を明確にする動的評価手法が求められていた。

従来、シートの動的評価は、尻型をシートに落下させたり、尻型をシート上においてシート下から動的な入力を与

えるなどして、パラメータを得ていた。また、実走行でシートの動的状態の計測をおこない、得られたパラメータと実走行での官能評価の解析もおこなっていたが、いずれの方法でも、官能評価との相関を得ることは困難であった。その要因として、前者は、同条件での繰り返し計測が可能のため、パラメータの精度は高いが、実走行の評価条件とは異なることが考えられる。後者は、評価している条件下での計測であり、パラメータと官能評価を同時に得られるが、繰り返し同条件で計測することは困難で、精度よい計測値を得られないことが考えられる。

これらを解決するには、計測条件を実走行に近づけることが有効であると考え、二輪車用の乗り心地評価試験機を製作し、走行時の入力条件を再現することにより、精度よく

データを計測し、動的な評価手法を確立することを試みた。

本稿では、乗り心地評価を周波数ごとの評価に分類し、動的ストローク感と乗り心地不快感評価の評価手法を確立し、新たに開発した熱可塑性エラストマ製の立体網状クッション(以下、網状クッションという)と従来のウレタンフォームクッション(以下、フォームクッションという)を比較した結果について述べる。

2. 二輪車走行時に受ける振動特性と人体の感じ方

2.1. 二輪車走行時に受ける振動特性

乗り心地試験機を製作するために、公道をシミュレートした乗り心地評価路面(路面I)を設定し、車速を定めて走行し、車両の3箇所の加速度を計測した。車両の3箇所の加速度とは、車両のヘッドパイプ、ライダー乗車位置、及びライダー乗車位置後部のシートレール上であり、それぞれの前後、上下方向の加速度を計測した。ライダー乗車位置のシートレール上下方向の加速度の計測結果を Fig. 1 に示す。二輪車は、シートの動きを感じやすい1-3 Hzの低周波領域で、大きな入力に加わっている。この特徴的な加速度が再現できる乗り心地試験装置を製作し、二輪車シートの動的な計

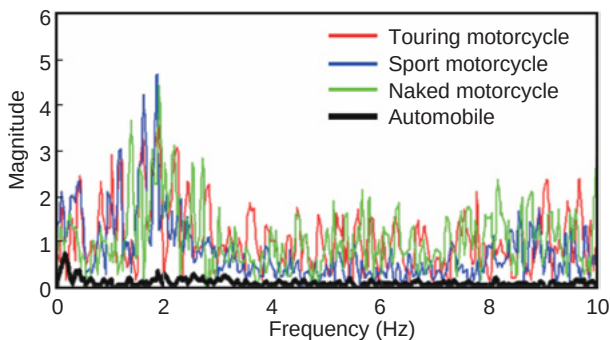


Fig. 1 Fourier spectra of acceleration in road I

測及び評価を精度よくおこなうことにした。

2.2. 乗り心地評価試験機

シート乗り心地評価試験機は、シート前方、後方部の上下の動きと前後の動き合計3箇所の加速度を再現できる3軸の加振装置⁽¹⁾とした。この3箇所の動きを再現すると、シート下からの上下方向にたたかれるような動きだけでなく、ピッチング方向の動きや前後方向の動きが加わった、被験者のでん部がシートを複雑に押し付けるような動きが再現できる。加振機テーブル上には、実車のシート、ハンドル、ステップ、フューエルタンクを設置し、被験者がシート上に着座して、シートの計測及び評価をおこなう。装置の外観を Fig. 2 に示す。

2.3. 二輪車乗車時のシートクッションの動きの感じ方と感度

二輪車乗車時のシートクッションの動きの感じ方を調べるために、乗り心地評価試験機に、体重の異なる3名の被験者が乗車し、感じ方を評価した。20 Hz以上になると、シートクッションの動きが乗り心地としてわかりにくくなるこ

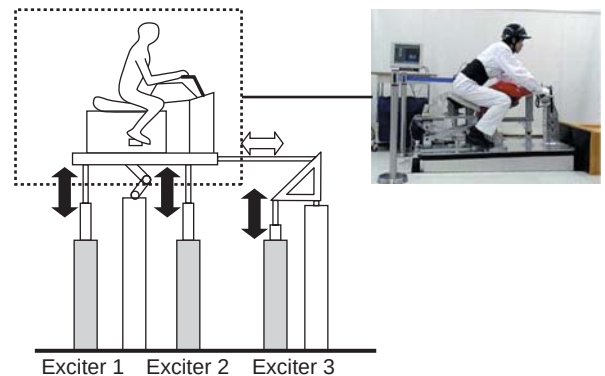


Fig. 2 Dynamic evaluation testing machine for motorcycles

Table 1 Vibration perception level on motorcycle

A: Insensitive to seat vibration

B: Sensitive to seat vibration

C: Indistinct seat vibration at resonating

1: Internal organ resonated

2: Upper body resonated

3: Head resonated

Frequency Hz	Displacement mm	±5	±10	±20	±30	±40	±50
0.5		A	A	A	A	A	A
1		A	A	B	B	B	B
2		B	B	B	B1	C	C
3		B	B	B	C		
4		B1	B1	B1	C		
5		B1	B2	C	C		
6		B1	C2	C			
7		C2	C2	C			
8		C2	C2				
9		C3					
10		C3					

とから、評価領域は20 Hz以下とした。乗り心地として、特に感じ方の変化が大きい0.5 - 10 Hzの官能評価結果をTable 1 に示した。この結果から、二輪車でシートクッションの動きを敏感に感じる領域は、1 - 3 Hz であり、この領域でシートクッションが大きく動くと乗り心地がよい、動的ストローク感があると感じる事がわかった。また、4 - 8 Hzの間では、シートクッションがストロークする感じはわかりにくくなり、シートクッションの動きが人体に不快感を与える現象がおきる。この領域でシートクッションの動きが大きいと、乗員の内臓と上体が共振するため、ゴツゴツとした不快な振動に感じられる。そのためシートクッションの動きは小さく抑えられた方が乗り心地がよいと感じる。以上のことから、二輪車の乗り心地を向上させるには、低周波領域 1 - 3 Hz で適度な動きを有し、4 - 20 Hz でシートクッションの動きを抑えることが重要であることを見いだした。

3. 動的性能評価方法

3.1. 動的ストローク感評価方法

シート特性の動的評価方法として検討した従来の手法について述べる。シートを治具に固定し、尻型を落下させ、尻型落下時のシート変位量を計測した。Fig. 3 に示す a+b+c を動的ストローク感を表現する変位量として求めた。動的ストローク感とは、路面から衝撃を受けたときのシートクッションの動き量のことである。動的ストローク感の官能評価をおこなうために、評価に適した低周波(1 - 3Hz)の路面(路面 II)を設定し、Table 2 に示す評価スケールにより評価をおこなった。変位量 a+b+c と官能評価との相関を

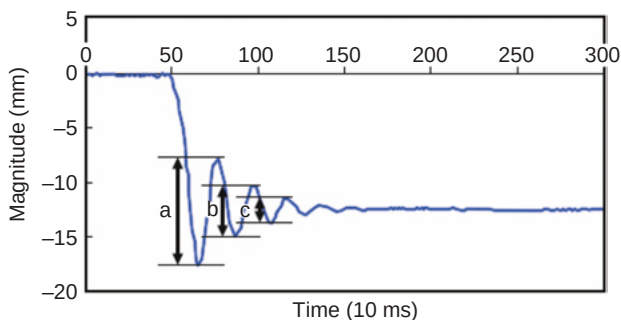


Fig. 3 Displacement data in dummy hip drop test

Table 2 Evaluation scale for dynamic stroke feeling

Score	Definitions
5	Extreme feeling
4	Fair feeling
3	Moderate feeling
2	Somewhat felt
1	Slight feeling

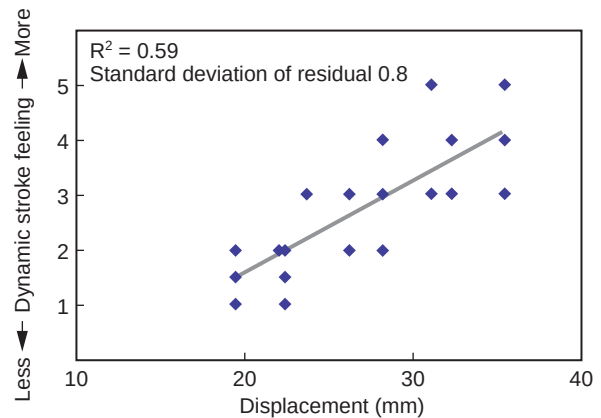


Fig. 4 Relationship between total displacement of dummy hip drop test and dynamic stroke feeling

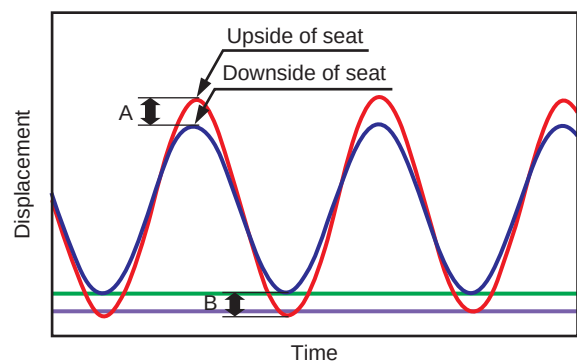


Fig. 5 Displacement data in road II

求めた結果をFig. 4に示す。やや弱い相関は認められたが、実用可能な相関は得られなかった。

今回開発した乗り心地評価試験機における動的ストローク感を表現する変位量の検討結果について述べる。動的ストローク感を評価するため、路面 II を走行し、車両につけた3箇所の加速度データを計測した。乗り心地評価試験機で3箇所の加速度を再現し、体重 70 kg の被験者が乗車して、シート上下の加速度を計測し変位量を求めた(Fig. 5)。同時に官能評価もおこない、Table 2 の評価スケールを用いて、体重 70 kg の被験者3名が評価した。パラメータ解析

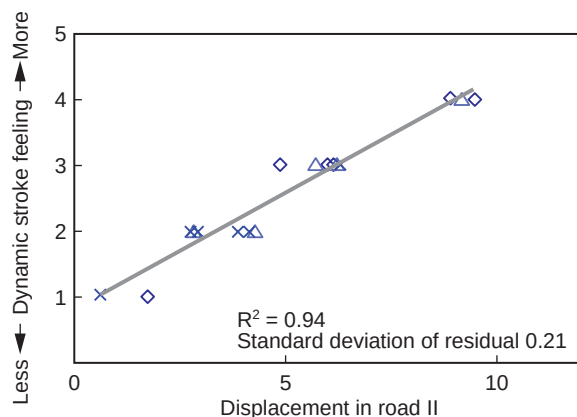


Fig. 6 Relationship between displacement and dynamic stroke feeling in road II

領域は 1-3 Hz の低周波領域に限定し、解析に適した一部を取り出し、総変位量、位相差等のパラメータを求めた。これらのパラメータと官能評価の相関が最も高かったのは、Fig. 5 に示す変位量 A+B となった。変位量 A+B と動的ストローク感の関係を Fig. 6 に示す。変位量 A+B と動的ストローク感の高い相関性があり、被験者は、本条件において、入力に対するシートの動きの差を評価しているものと推測できる。

3.2. 乗り心地不快感評価方法

乗り心地評価試験機における乗り心地不快感評価を表現するパラメータの検討結果を述べる。乗り心地の不快感領域を評価するために、不快な振動を感じやすい路面(路面 III)を走行し、車両の 3 箇所で加速度を計測した。乗り心地

Table 3 Evaluation scale for dynamic comfort quality

Score	Definitions
5	Very comfortable
4	Slightly comfortable
3	Acceptable
2	Slightly uncomfortable
1	Very uncomfortable

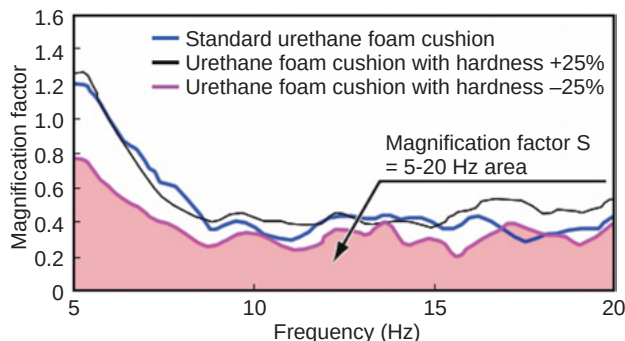


Fig. 7 Magnification factor in road III

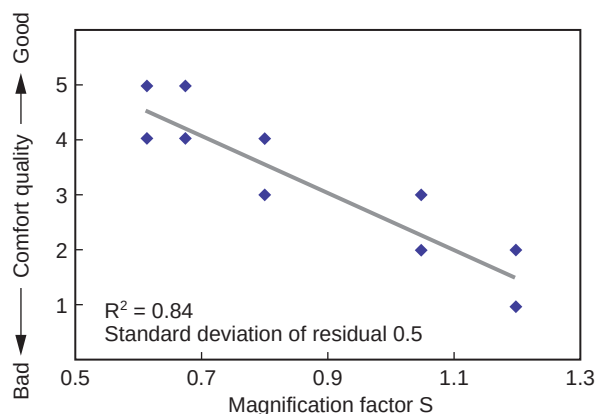


Fig. 8 Relationship between magnification factor S and comfort quality in road III

評価試験機で 3 箇所の加速度を再現し、体重 70 kg の被験者が乗車して、シートの上と下の上下方向の加速度を計測した。同時に官能評価もおこない、Table 3 の評価スケールを用いて、体重 70 kg の被験者 3 名が評価した。乗り心地不快感評価は、人体が感じる広い範囲の周波数域を評価していると考えられるため、5-20 Hz の振幅倍率を求め各種クッション材における振幅倍率の傾向を比較した(Fig. 7)。振幅倍率に上下はあるが、各周波数で同様の傾向を示していることから、5-20 Hz 間の振幅倍率の積分値、すなわち面積 S を乗り心地不快感評価を表現するパラメータとした。面積として表現するため、振幅倍率の大きさを平均化してしまうという問題点があるが、Fig. 8 に示す官能評価と振幅倍率の面積 S との相関解析の結果から、十分な相関性が確認され、振幅倍率の面積 S は乗り心地不快感を表現するパラメータとして採用可能と判断した。

4. 網状クッションとフォームクッションの性能比較

4.1. 網状クッションの特徴

クッション材は、素材や密度の組合せによりクッション特性が変化するため、車両のコンセプトに合わせて、適切なクッション特性を決定することが重要である。従来のフォームクッションは、硬度を下げると低周波での動きが出せる。しかし、長時間走行では持続しないのでフォームクッションがつぶれて体圧分布が変化しないなどの弊害の方が大きい。低周波での動きが不足した硬度設定を取らざるを得ない。また、近年用いられている低反発材は、衝撃吸収性、体圧分散性には優れるが、荷重をかけるとつぶれてしまい、二輪車に必要な動きを出せないという課題があった。今回着目した網状クッションは熱可塑性エラストマを用いており、素材や密度に加え線径や交差点密度などの変更により、クッション特性を多様に設定することが可能である。開発した網状クッションは、熱可塑性エラストマの弱点であった高温下での圧縮残留ひずみや繰り返し硬度変化率の改良をおこない、要求特性を実現する材料仕様を設定した。網状クッションの動的ストローク感の改善可能性を検討するため、フォームクッションと開発した網状クッションの同サイズ、同硬度のテストピースを作成し、シート表皮をかぶせずに、JASO B 407-87 に準拠して振動特性を計測した。試験結果を Table 4 に示す。網状クッションは、共振周波数が低周波へ移行し、振幅倍率が高くなって

Table 4 Characteristics of vibration by test piece

	Foam cushion	3D mesh cushion
Resonance frequency (Hz)	6.10	5.41
Magnification factor of resonance	3.82	4.62

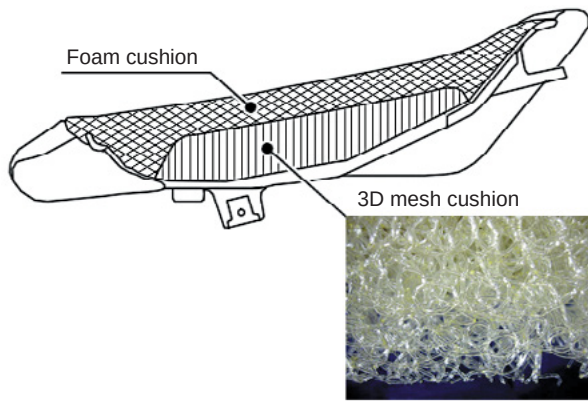


Fig. 9 Structure of new seat with 3D mesh cushion

おり、フォームクッションにおいて硬度を下げたときと同様の効果を示す。網状クッションは、フォームクッションと同硬度を維持しながら、フォームクッションより、動的ストローク感が得られると推測した。

4.2. 動的ストローク感評価結果

これ以降の実験は、網状クッションの上層部は、フォームクッションを使用し、上面形状は、同形状で比較する。構造図を Fig. 9 に示す。

網状クッションの動的ストローク感の向上効果を定量的に評価するため、乗り心地試験機において、動的ストローク感評価用に設定した路面を走行して計測した加速度を再現し変位量A+Bを測定した。網状クッションとフォームクッションの変位量A+Bを比較した結果、Fig. 10 に示す通り、網状クッションは、フォームクッションに対して変位量が1.5倍に増加していることが確認された。網状クッションにおける動的ストローク感の向上度合いは十分に体感可能であり、材料仕様の妥当性が確認された。

4.3. 乗り心地不快感評価結果

網状クッションの乗り心地の向上効果を定量的に評価するため、乗り心地試験機において、乗り心地不快感評価用に

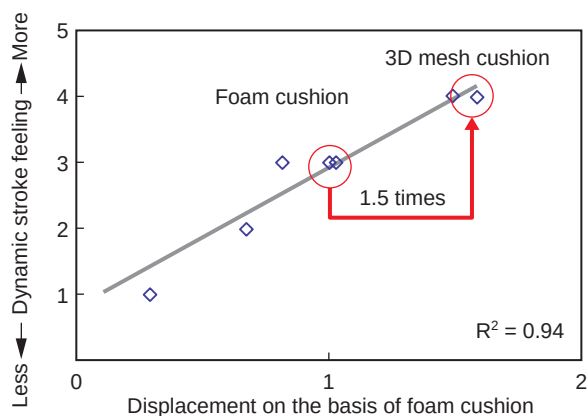


Fig. 10 Relationship between displacement and dynamic stroke feeling

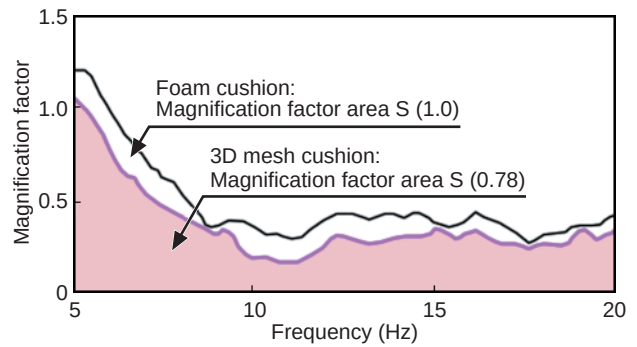


Fig. 11 Magnification factor of 3D mesh cushion and foam cushion in road III

設定した路面を再現し、シート上下加速度を計測し、振幅倍率の面積Sを求めた。網状クッションは、フォームクッションに対して、Fig. 11に示す通り、振幅倍率の面積Sの値が22%減少しており、乗り心地不快感の低減効果が明確になった。

5. 実走行での検証結果

乗り心地試験機による動的ストローク感、乗り心地不快感評価結果を検証するために、動的ストローク感、乗り心地不快感評価用に設定した路面Ⅲを走行し、被験者3名による官能評価をおこない両者の比較をおこなった。官能評価のばらつきは、過去に著者らが実施した結果⁽²⁾において0.3-0.7点程度であることから、予測値の目標は、予測値-実測値(残差)が±0.5点以内に入ることとした。網状クッションとフォームクッションの予測値と実測点(被験者の平均値)を Table 5 に示す。残差は、± 0.5 点以内となっていることから、動的ストローク感、乗り心地不快感評価手法として妥当であることが確認できた。

6. まとめ

二輪車用乗り心地評価試験機を用いて、動的なシート評

Table 5 Verification results of dynamic stroke feeling and discomfort evaluations in actual driving

Dynamic stroke feeling evaluation

	Expectancy	Actual measurement	Residual
3D mesh cushion	4.2	4.0	0.2
Foam cushion	3.5	3.7	- 0.2

Discomfort evaluation

	Expectancy	Actual measurement	Residual
3D mesh cushion	3.9	4.2	- 0.3
Foam cushion	2.9	3.3	- 0.4

* Displacement: bench mark is foam cushion

* Magnification factor S: bench mark is foam cushion

価手法を確立し、網状クッションとフォームクッションの性能差を定量的に明確にすることができた。

- (1) 乗り心地評価試験機を用いて、動的ストローク感評価領域と乗り心地不快感評価領域に分類した乗り心地評価手法を確立した。
- (2) 二輪車用乗り心地評価試験機により、二輪車乗車時に必要なシートの低周波の動きを見出し、動的ストローク感に優れた熱可塑性エラストマ製の網状クッションを開発した。
- (3) 開発した網状クッションは、フォームクッションに対して、動的ストローク感を表す変位量で 1.5 倍、乗り心地を表す振幅倍率の面積で 22% 減少していることを明確にすることができた。

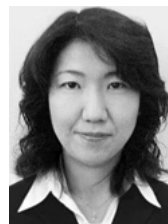
謝 辞

本開発にあたり、御協力を頂いた株式会社日本発条の皆様に紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 原島正吉，四宮一雄，高橋弘，門田正和，保田和豊：
汎用ロードシミュレータの開発，HONDA R&D
Technical Review, Vol.3, p.153-162
- (2) 小谷野光江，君島猛，中山研吾：二輪車用シートの
フィット感の定量化，HONDA R&D Technical Review,
Vol.12, No.2, p.113-118

■ 著 者 ■



小谷野光江



竹内 務



小原健史



横井元治